

第20回 東京外環トンネル施工等検討委員会

今後の掘進方法について

令和2年 1月27日

関東地方整備局 東京外かく環状国道事務所
東日本高速道路株式会社関東支社 東京外環工事事務所
中日本高速道路株式会社東京支社 東京工事事務所

1. はじめに

第19回 TN 施工等検討委員会では、各地層の代表的な粒度構成を模擬した土を用いて、添加材配合試験を行い、砂層・砂礫層（東久留米層、舎人層、江戸川層）においては気泡を添加することにより、良好な流動性が得られることを確認した。

既存ボーリング調査によると、同一地層であっても場所によって土の粒度構成は異なることから、今回、複数箇所の現地採取土を用いて室内試験を行うとともに、これまでの検討状況、掘進状況も踏まえ、今後の掘進計画について検討を行ったものである。

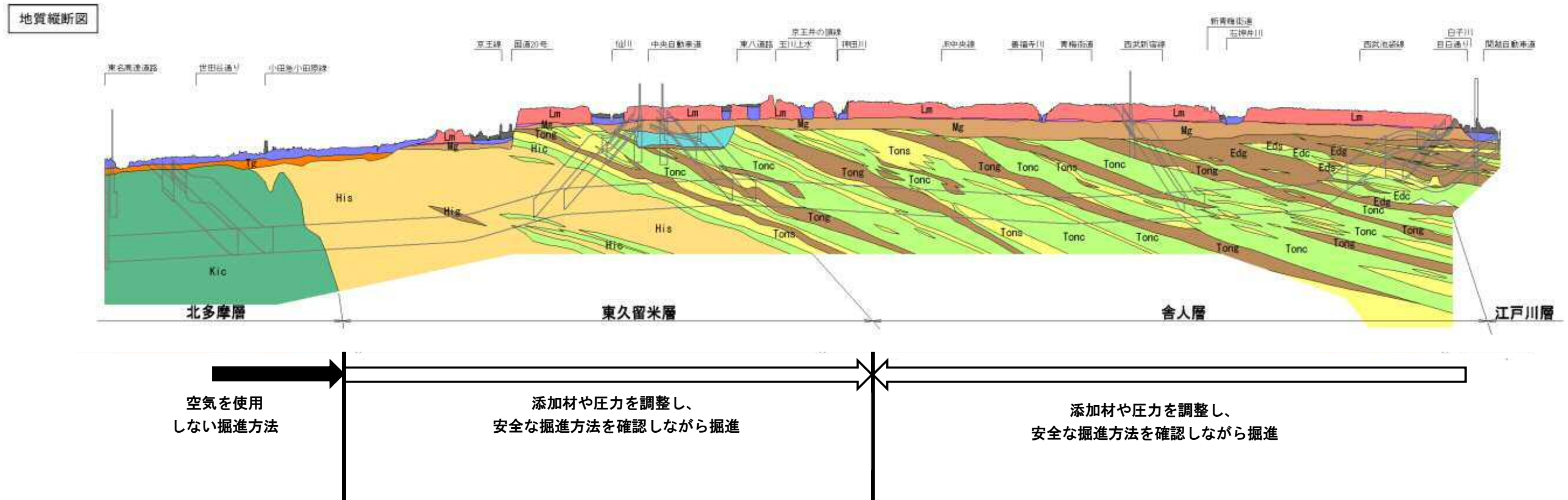


図1 地質縦断図と今後の掘進方法

2. 室内試験概要

(1) 目的

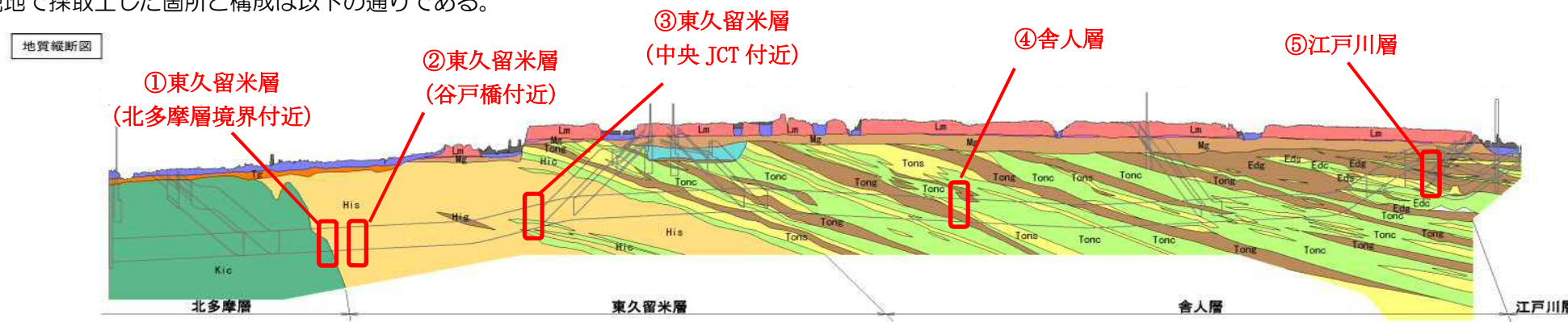
掘進時に使用する各添加材について掘削対象土層に対し良好な流動性が確保できるか確認することを目的とする。使用する添加材は、気泡（起泡剤+水+空気）と起泡剤溶液（起泡剤+水 発泡なし）であり、起泡剤には気泡径を小さくするなど製品開発された起泡剤を使用する。

(2) 確認方法

掘削対象土層の現地採取土を使用した室内試験により、流動性の確認を行う。

(3) 採取土

現地で採取土した箇所と構成は以下の通りである。



| No. | 試料名 | 粒度構成 |
|-----|-----|------------|
| ④ | 舎人層 | 礫分： 81% |
| | | 砂分： 17% |
| | | シルト粘土分： 2% |

| No. | 試料名 | 粒度構成 |
|-----|------|------------|
| ⑤ | 江戸川層 | 礫分： 80% |
| | | 砂分： 17% |
| | | シルト粘土分： 3% |

表 1 現地採取土粒度構成

| No. | 試料名 | 粒度構成 |
|-----|---------------------|-------------|
| ① | 東久留米層 (北多摩層境界付近) | 砂分： 70% |
| | | シルト粘土分： 30% |

| No. | 試料名 | 粒度構成 |
|-----|------------------|-------------|
| ② | 東久留米層 (谷戸橋付近) | 砂分： 88% |
| | | シルト粘土分： 12% |

| No. | 試料名 | 粒度構成 |
|-----|--------------------|------------|
| ③ | 東久留米層 (中央JCT付近) | 砂分： 94% |
| | | シルト粘土分： 6% |

(4) 試験項目

以下に流動性を確認するための試験項目を示す。

これまでの施工実績を基に安定的な掘進を可能とする流動性の目安を次のとおり設定する。

表 2 試験項目

| 項目 | 目安値 |
|-----------|------------|
| テーブルフロー測定 | 105~160mm |
| スランプ測定 | 1.0~15.0cm |



図 2 試験体(ボーリングコア)状況



図 3 砂礫土と気泡
(起泡剤+水+空気)混練状況

(5) 試験方法

以下の試験器具を用いて土砂の性状を確認する。

1) テーブルフロー測定 JIS R 5201

テーブルの中央にフローコーンを置き土砂を詰め、15秒間に15回落下運動を行う。土砂が最も広がった部分の長さ、この方向に直角な部分の長さの平均値をmm単位で測定する。

2) スランプ測定 JIS A 1101

ポンプ圧送時の土砂の性状は塑性流動性を持ちスランプコーンを引き抜いた際に、お椀型の性状を有するのが好ましいといわれている。



図 4 テーブルフロー試験器具




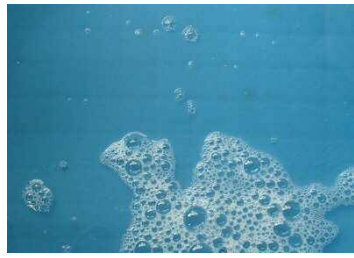
図 5 スランプ試験器具

(6) 添加材



下記で、各添加材の性状を確認する。

表 3 添加材仕様一覧

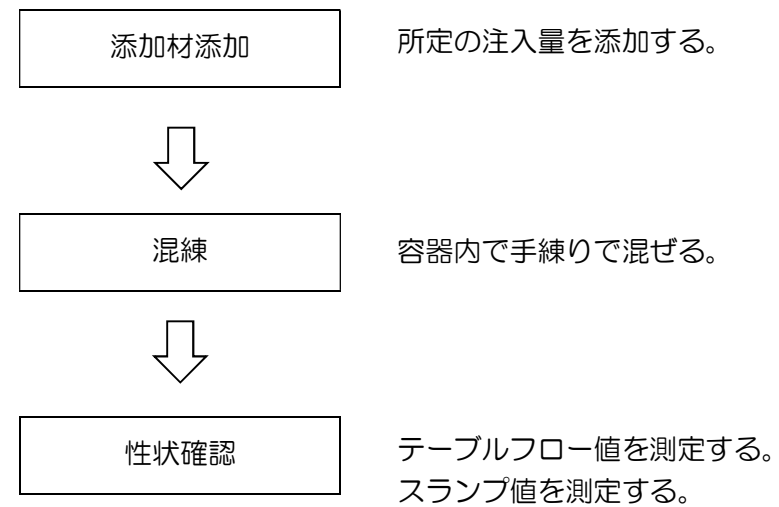
①東久留米層（北多摩層境界付近）、②東久留米層（谷戸橋付近）、③東久留米層（中央 JCT 付近）

| 添加材 | 気泡 (起泡剤+水+空気) | 起泡剤溶液 (起泡剤+水 発泡なし) |
|-----|---|--|
| 外観 | 白色  | 無色液体  |
| 成分 | アニオン界面活性剤 | |
| 比重 | 1.00~1.04 (25℃) | |
| pH | 5.5~9.0 (原液) | |
| 特徴 | 従来の起泡剤より環境影響の少ない活性剤を使用し、泡膜安定化剤の配合により低濃度で安定した泡沫を得ることができる。 | |

④舎人層、⑤江戸川層

| 添加材 | 気泡 (起泡剤+水+空気) | 起泡剤溶液 (起泡剤+水 発泡なし) |
|-----|---|--|
| 外観 | 白色  | 無色液体  |
| 成分 | アルキルエーテル硫酸 エステル塩 | |
| 比重 | 0.98~1.02 (25℃) | |
| pH | 6.0~8.0 (1%液) | |
| 特徴 | 単一材料の起泡剤で粘性土から砂礫層まで適応可能な材料。 滞水層や高水圧層等、水分が多い地層にも対応できる。 | |

(7) 試験の流れ



(8) 添加材配合

表 4 添加材配合一覧

①東久留米層（北多摩層境界付近）、②東久留米層（谷戸橋付近）、③東久留米層（中央 JCT 付近）

| 試験番号 | 添加材 | 添加材配合 (1m ³) | | |
|-----------------|-----------------------|--------------------------|------|-------|
| | | 起泡剤 | 発泡倍率 | 水 |
| ①-1、②-1、 ③-1 | 気泡 (起泡剤+水+空気) | 10 L | 8 倍 | 990 L |
| ①-2、②-2、 ③-2 | 起泡剤溶液 (起泡剤+水 発泡なし) | 4L | - | 996 L |

④舎人層

| 試験番号 | 添加材 | 添加材配合 (1m ³) | | |
|------|-----------------------|--------------------------|------|-------|
| | | 起泡剤 | 発泡倍率 | 水 |
| ④-1 | 気泡 (起泡剤+水+空気) | 50 L | 20 倍 | 950 L |
| ④-2 | 起泡剤溶液 (起泡剤+水 発泡なし) | 10 L | - | 990 L |

⑤江戸川層

| 試験番号 | 添加材 | 添加材配合 (1m ³) | | |
|------|-----------------------|--------------------------|------|-------|
| | | 起泡剤 | 発泡倍率 | 水 |
| ⑤-1 | 気泡 (起泡剤+水+空気) | 50 L | 20 倍 | 950 L |
| ⑤-2 | 起泡剤溶液 (起泡剤+水 発泡なし) | 10 L | - | 990 L |

3. 試験結果

3-1. 東名側の流動性結果（テーブルフロー、スランプ試験結果）

<結果>

- 気泡（起泡剤+水+空気） 細粒分含有率（Fc）の異なる砂質土に対し、すべて良好な流動性が確認できた。
- 起泡剤溶液（起泡剤+水 発泡なし） 細粒分含有率（Fc）が少なくなるにつれ、テーブルフロー、スランプともに値が大きくなる傾向が確認できた。
なお、Fc=6%の砂質土においては、良好な流動性が確認できなかった。

表5 流動性試験結果

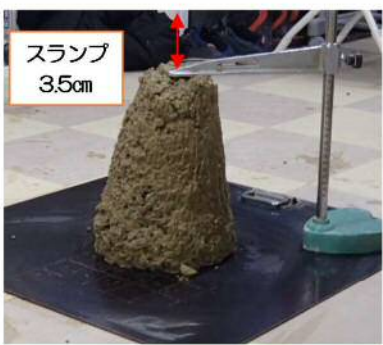



| 添加材の種類 | 砂質土（細粒分含有率Fc=30%） （①東久留米層（北多摩層境界付近）） | | | | 砂質土（細粒分含有率Fc=12%） （②東久留米層（谷戸橋付近）） | | | | 砂質土（細粒分含有率Fc=6%） （③東久留米層（中央JCT付近）） | | | | | | |
|---------------------------------------|---|-----------------------------|---|--|--------------------------------------|-----------------------------|---|--|---------------------------------------|--|---|--|--|--|--|
| 気泡 起泡剤（発泡） （濃度1.0%） （発泡倍率8倍） | テーブルフロー | 158mm | ○ | | テーブルフロー | 134mm | ○ | | テーブルフロー | 148mm | ○ | | | | |
| | スランプ | 7.4cm | ○ | | スランプ | 4.8cm | ○ | | スランプ | 9.3cm | ○ | | | | |
| | 注入率 | 20% | | | 注入率 | 20% | | | 注入率 | 20% | | | | | |
| | 評価 | テーブルフロー、スランプともに良好な流動性が得られた。 | | | 評価 | テーブルフロー、スランプともに良好な流動性が得られた。 | | | 評価 | テーブルフロー、スランプともに良好な流動性が得られた。 | | | | | |
| | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| 起泡剤溶液 起泡剤（発泡無） （濃度0.4%） | テーブルフロー | 144mm | ○ | | テーブルフロー | 150mm | ○ | | テーブルフロー | 180mm | × | | | | |
| | スランプ | 4.5cm | ○ | | スランプ | 8.8cm | ○ | | スランプ | 20.5cm | × | | | | |
| | 注入率 | 10% | | | 注入率 | 10% | | | 注入率 | 10% | | | | | |
| | 評価 | テーブルフロー、スランプともに良好な流動性が得られた。 | | | 評価 | テーブルフロー、スランプともに良好な流動性が得られた。 | | | 評価 | テーブルフロー、スランプとも目安値を超過しており、流動性が高すぎる結果となった。 | | | | | |
| | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| × | | | | | | | | | | | | | | | |

3-2. 大泉側の流動性結果（テーブルフロー、スランプ試験結果）

<結果>

- 気泡（起泡剤+水+空気） 2箇所の砂礫土に対し、すべて良好な流動性が確認できた。
- 起泡剤溶液（起泡剤+水 発泡なし） 良好な流動性が確認できなかった。

表 6 流動性試験結果

| 添加材の種類 | 砂礫土（細粒分含有率Fc=2%） （④舎人層） | | | | 砂礫土（細粒分含有率Fc=3%） （⑤江戸川層） | | | | | |
|-------------------------------|--|--|-------|--|---|--|-----------------------------|--|---|--|
| | 気泡 起泡剤（発泡） （濃度5.0%） （発泡倍率20倍） | テーブルフロー | 114mm | ○ |  | テーブルフロー | 112mm | ○ |  | |
| スランプ | | 3.5cm | ○ | スランプ | | 1.0cm | ○ | | | |
| 注入率 | | 20% | | 注入率 | | 20% | | | | |
| 評価 | | テーブルフロー、スランプともに良好な流動性が得られた。 | | | | 評価 | テーブルフロー、スランプともに良好な流動性が得られた。 | | | |
| ○ | | | | ○ | | | | | | |
| 起泡剤溶液 起泡剤（発泡無） （濃度1.0%） | テーブルフロー | 191mm | × |  | テーブルフロー | 183mm | × |  | | |
| | スランプ | 18.0cm | × | | スランプ | 16.5cm | × | | | |
| | 注入率 | 10% | | | 注入率 | 10% | | | | |
| | 評価 | テーブルフロー、スランプとも目安値を超過しており、流動性が高すぎる結果となった。 | | | 評価 | テーブルフロー、スランプとも目安値を超過しており、流動性が高すぎる結果となった。 | | | | |
| | × | | | | × | | | | | |

4. 室内試験結果

○砂層が主体の東久留米層においては、

- ・気泡を用いた場合、良好な流動性が確保できることを確認した。
- ・起泡剤溶液を用いた場合、東名 JCT 側の細粒分が比較的多く含まれる地質の場合は、添加材を調整することにより、流動性の確保は可能であるが、細粒分が少なくなると良好な流動性が確保できないことを確認した。

○砂質土、砂礫土が介在する江戸川層・舎人層においては、

- ・気泡を用いた場合、良好な流動性が確保できることを確認した。
- ・起泡剤溶液を用いた場合、良好な流動性が確保できないことを確認した。

5. 今後の掘進方法について

○これまでの掘進状況及び室内試験結果を踏まえ、今後の本工事における掘進方法について、を以下に示す。

- これまでの掘進状況を踏まえると、添加材に気泡を用いた場合、空気の通り道等により漏気の可能性はあるが、周辺環境への影響を及ぼすものではなく、安全に掘進できる。
- 地質状況に適した添加材を選定して掘進を進めることとし、工事の安全性を踏まえ、添加材として気泡を用いた掘進とする。
- 大泉側シールド工事は、引き続き気泡を用いた掘進とする。また、東名側シールド工事は、粘性土層である北多摩層では添加材として起泡剤溶液を用いた掘進としていたが、今後は現地採取土を用いた室内試験結果を踏まえ、谷戸橋付近以降から気泡を用いた掘進とする。
- 今後ともシールド掘進に伴う各計測値の施工状況等のモニタリングを行いながら、細心の注意を払い安全に掘進していく。
- 引き続き、安心を確保するため、過去のボーリング調査や井戸、地下室等の情報を収集し、気泡添加量や切羽圧を調整し掘進時の漏気の抑制に努めるとともに、漏気が発生した場合は水質調査等により周辺環境への影響を確認していく。